

09/147784
PCT/EP97/06315

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



3

REC'D	15 JAN 1998
WIPO	PCT

Bescheinigung

PRIORITY DOCUMENT

Die Herren Professor Dr. Dietmar K u b e i n -
M e e s e n b u r g in Kreiensen/Deutschland,
Professor Dr. Hans N ä g e r l in Gleichen/
Deutschland und Dr. Joachim T h e u s n e r in
München/Deutschland haben eine Patentanmeldung unter
der Bezeichnung

"Künstliches Gelenk, insbesondere Endoprothese
zum Ersatz natürlicher Gelenke"

am 13. November 1996 beim Deutschen Patentamt einge-
reicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue
Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patent-
anmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig das Symbol
A 61 F 2/30 der Internationalen Patentklassifikation erhal-
ten.

München, den 20. November 1997
Der Präsident des Deutschen Patentamts
Im Auftrag

Joost

Anzeichen: 196 46 891.4

8037/II/bu/rp

Prof. Dr. Dietmar Kubein-Meesenburg
Burgweg 1a, D-37547 Kreiensen

Prof. Dr. Hans Nägerl
Lange Hecke 41, D-37130 Gleichen/OT Klein-Lengden

Dr. Joachim Theusner
Odeonsplatz 2, D-80539 München

Künstliches Gelenk, insbesondere Endoprothese
zum Ersatz natürlicher Gelenke

Die vorliegende Erfindung betrifft ein künstliches Gelenk, insbesondere eine Endoprothese zum Ersatz natürlicher Gelenke, bestehend aus mindestens zwei künstlichen Gelenkteilen mit jeweils gekrümmten Artikulationsflächen, auf denen die Gelenkteile relativ zueinander artikulieren.

Ein derartiges künstliches Gelenk ist aus der deutschen Patentanmeldung P 42 02 717.9 bekannt. Hierbei besitzen die Gelenkflächen in zueinander senkrechten Ebenen, und zwar einer Längsebene und einer Querebene, unterschiedliche kreisförmige Schnittkonturen, wobei die Krümmungsverhältnisse der Artikulationsflächen in jeder der Ebenen konvex-konvex, konvex-konkav oder konkav-konkav sind, und die Gelenkgeometrie der Artikulationsflächen zueinander in jeder der beiden Ebenen durch eine Gelenkkette mit zwei Gelenkachsen, eine sog. dimere Gelenkkette, bestimmt ist, die durch die Krümmungszentren der Artikulationsflächen der jeweils zugehörigen Schnittkonturen verlaufen. Da die Artikulationsflächen dieses künstlichen Gelenks konvex-konkav, konkav-konkav bzw. konvex-konvex ausgebildet sind, entstehen im wesentlichen punktförmige Kraftübertragungsbe-

reiche, so daß erhöhte Flächenpressungen auf den Artikulationsflächen entstehen können, die zu einem Materialabrieb führen. Hierdurch kann die Lebensdauer dieser künstlichen Gelenke verkürzt sein. Um eine Verbesserung der Kraftübertragung zwischen den Artikulationsflächen der Gelenkteile zu erreichen, ist bei dem bekannten Gelenk vorgeschlagen, zwischen den einzelnen Gelenkteilen jeweils einen Druckverteilungskörper anzuordnen, mit dem eine bessere und gleichmäßigere Kraftverteilung erreicht wird. Durch diesen Druckverteilungskörper erhöht sich jedoch die Anzahl der erforderlichen Gelenkteile des künstlichen Gelenks.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein künstliches Gelenk zu schaffen, bei dem punktuelle Kraftübertragungsbereiche vermieden werden und bei dem der Einbau von Druckverteilungskörpern nicht erforderlich ist, und das gleichzeitig eine optimale Anpassung an die Gegebenheiten des menschlichen Körpers im Einsatz als Endoprothese insbesondere für ein natürliches menschliches Gelenk ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird dies mit einem künstlichen Gelenk der eingangs beschriebenen Art erreicht, wobei auf jeder der Artikulationsflächen eine gekrümmte Kontaktlinie ausgebildet ist und die gekrümmte Kontaktlinie einer der Artikulationsflächen Teil einer elliptischen Schnittkontur eines ersten Zylinders bzw. eines Kegels mit dem Zylinderradius R_1 bzw. dem Kegelwinkel α_1 ist und die andere Kontaktlinie sich als Gegenspür eines zweiten, auf dem ersten Zylinder bzw. dem ersten Kegel abrollenden und/oder gleitenden zweiten Zylinders bzw. zweiten Kegels mit dem Zylinderradius R_2 bzw. mit dem Kegelwinkel α_2 ergibt, sowie die Artikulationsflächen aus einer Vielzahl gerader Berührungslinien

gebildete Regelflächen aufweisen, und sich diese Regelflächen einseitig an die Kontaktlinien einander gegenüberliegend anschließen, und die Berührungslinien jeweils die Verbindungslinien zwischen einem momentanen Kontaktpunkt der Kontaktlinien und einem momentanen Bezugspunkt der jeweiligen Bewegungssysteme in einer Referenzebene bzw. auf einer Referenzkugel im bewegten/unbewegten System sind. Vorteilhafterweise wird erfindungsgemäß als Bezugspunkt ein fester oder bewegter Punkt des bewegten oder unbewegten Systems gewählt, wobei davon ausgegangen wird, daß einer der Zylinder bzw. Kegel unbewegt ist und der andere Zylinder bzw. Kegel auf diesem unbewegten Zylinder/Kegel abrollt und/oder gleitet.

Die Festlegung auf eine zwangsläufige Bewegung und die Auswahl des momentanen Drehpols als Bezugspunkt bewirkt, daß die Polkurven aufeinander abrollen, ohne zu gleiten, daß sich diese Eigenschaft auf entsprechende Abschnitte der Regelflächen überträgt. Wird statt des momentanen Drehpols ein anderer momentan gemeinsamer Punkt von der Referenzebene bzw. Referenzkugel im bewegten bzw. unbewegten System verwendet, kann hierdurch der Anteil von Rollen zu Gleiten variiert werden.

Erfindungsgemäß ist weiterhin vorgesehen, daß der erste und der zweite Zylinder bzw. der erste und der zweite Kegel derart zueinander angeordnet sind, daß sie eine gestreckte dimere Gelenkkette bzw. eine überschlagene dimere Gelenkkette bilden. Für Zylinder gilt bei einer gestreckten dimeren Kette die Beziehung $R = R_2 + R_1$ bzw. bei einer überschlagenen dimeren Gelenkkette die Beziehung $R = R_2 - R_1$, wobei R der Radius der Gelenkachsenbahn und R_1 der Radius des ersten Zylinders und R_2 der Radius des zweiten

Zylinders ist. Im Falle der Kegel gilt analog zu den Zylindern $\alpha = \alpha_2 + \alpha_1$ und $\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$, wobei α jeweils der Winkel zwischen den Achsen der sich berührenden Kegelpaare ist.

Da erfindungsgemäß die Zylinder bzw. Kegel aufeinander bzw. ineinander abrollen oder gleiten und der Abstand der Zylinderachsen bzw. der Winkel zwischen den Kegelachsen immer konstant bleibt, ergibt sich eine ebene oder sphärische dimere Kette. Die an sich dreiparametrische mögliche ebene oder sphärische Bewegung wird so auf zwei Freiheitsgrade eingeschränkt. Die entsprechenden Radien der Zylinder bzw. Winkel der Kegel sind vorzugsweise den anatomischen Verhältnissen des menschlichen Kniegelenks angepaßt, können auch entsprechend der verwandten Materialien und deren Eigenschaften variiert sein.

Das erfindungsgemäße künstliche Gelenk zeichnet sich dadurch aus, daß in jedem Berührungspunkt der Artikulationsflächen ein linienförmiger Kraftübertragungsbereich ausgebildet ist.

Weiterhin kann es erfindungsgemäß vorteilhaft sein, wenn neben dem Bereich der direkten Kraftübertragung im Bereich der Regelflächen ein Bereich ohne Berührungskontakt ausgebildet ist, so daß die umgebenden Gewebe in der Funktion nur minimal traumatisiert werden. Erfindungsgemäß ist es deshalb zweckmäßig, wenn auf der den Regelflächen gegenüberliegenden Seite der Kontaktlinien die Berührungslinien derart bogenförmig in Bogenlinien verlängert sind, daß Wulste ausgebildet werden. Die Bogenlinien werden dadurch bestimmt, daß im momentanen Berührungspunkt der Kontaktlinien eine Ebene im bewegten oder unbewegten System errich-

tet wird, welche aufgespannt wird, von der jeweiligen Berührungslinie der Regelflächen und der gemeinsamen Senkrechten der Berührungslinien auf eine Tangente an eine der Kontaktlinien im jeweiligen Kontaktpunkt. Die Wulste sind derart ausgebildet, daß der äußere Teil der Artikulationsflächen der Wulste sich nicht berühren. Diese äußeren Teile der Wulste bilden den Bereich der indirekten Kraftübertragung der gekrümmten Artikulationsflächen.

Die Bogenlinien sind erfindungsgemäß ohne Knick an die jeweiligen Berührungslinien der Regelfläche angesetzt und ihre Normalen stimmen im Kontaktpunkt überein. Indem die Bogenlinien vorteilhafterweise in Abschnitten kreisbogenförmig ausgestaltet sind, kann erreicht werden - indem in den äußeren Abschnitten verschieden große Radien gewählt werden - daß während der Bewegung der Artikulationsflächen immer ein freier Raum zwischen den artikulierenden Wulsten verbleibt.

Vorzugsweise wird das erfindungsgemäße Gelenk derart bei einem Viergelenk als Endoprothese für das menschliche Knie eingesetzt, daß das mediale Gelenkkompartiment die überschlagende dimere Kette bildet und das laterale Gelenkkompartiment die gestreckte dimere Kette, wodurch ein zwangsläufiges Viergelenk sich ausbildet.

Anhand der in den beiliegenden Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele wird die Erfindung näher erläutert.

Figuren 1 bis 11

zeigen die Konstruktion erfindungsgemäßer Gelenke.

Gemäß der vorliegenden Erfindung soll ein bestimmter ebener oder auch sphärischer Zwangslauf des Gelenks erreicht werden. Dies erfolgt dadurch, daß ein ebenes oder sphärisches Getriebe vorgegeben wird. In diesem Getriebe werden in einem ersten Schritt die Rotationsachsen durch um diese Achsen angeordnete Zylinder, die sich gegeneinander kontaktieren, oder aber sphärische Kegel ersetzt, wobei diese Zylinder bzw. Kegel aufeinander abrollen und/oder gleiten. Die entsprechenden Radien der Zylinder bzw. die Kegelwinkel der Kegel sind den anatomischen Gegebenheiten des zu ersetzenden natürlichen Gelenks, insbesondere des menschlichen Kniegelenks angepaßt.

In Fig. 1 sind zwei aufeinander abrollende und gleitende Zylinder 1, 2 mit den Mittelpunkten M1 und M2 und den Radien R1 und R2 und den Drehachsen d1 und d2 dargestellt. Das dort gezeigte Zylinderpaar ist als ebene gestreckte dimere Kette angeordnet, so daß der Zylinder 2 am Zylinder 1 abrollt bzw. gleitet. Es gilt $R = R_2 + R_1$, wobei R der Radius der Gelenkachsenbahn, der auch die Länge der dimeren Gelenkkette ist. Fig. 1a zeigt eine Darstellung von zwei aufeinander abrollenden Kegeln 1, 2 mit den zugehörigen Kegelwinkeln α_1 , α_2 , wobei $\alpha = \alpha_2 + \alpha_1$ gilt.

In Fig. 2 ist eine Zylinderanordnung aus den Zylindern 1 und 2, den Mittelpunkten M1 und M2, den Radien R1 und R2 sowie den Zylinderachsen D1 und D2 gezeigt, wobei diese Zylinder in Form einer überschlagenen dimeren Kette angeordnet sind. Hierbei gilt $R = R_2 - R_1$, wobei R wieder der Radius der Gelenkachsenbahn und somit die Länge der dimeren Kette ist. Fig. 2a zeigt eine Darstellung von zwei ineinander abrollenden Kegeln 1, 2 mit den zugehörigen Kegelwinkeln α_1 , α_2 , wobei $\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$ ist.

Wie in Fig. 2 dargestellt, wird beispielsweise bei dieser Anordnung der Zylinder 1 als unbewegtes Teil gewählt, wobei auf dem Zylinder 1 eine Kontaktlinie L1 durch schräges Anschneiden des Zylinders 1 gewählt wird, die somit eine elliptische Form besitzt. Der Zylinder 2 ist als bewegtes Teil gewählt und rollt und/oder gleitet nunmehr auf dem Zylinder 1 ab, wobei sich auf der Zylinderfläche entsprechend der Roll- und Gleitbewegung des Zylinders 2 eine Gegenkurve als Kontaktlinie L2 ausbildet. Diese Kontaktlinie L2 hat eine abschnittsweise bogenförmige Form. Die beiden Kontaktlinien L1 und L2 besitzen demnach momentan immer einen gemeinsamen Berührungspunkt K. Der Zylinder 1 kann erfindungsgemäß beispielsweise bei der Ausbildung eines künstlichen Gelenks für das erfindungsgemäße Knie dem femuralen Gelenkteil zugeordnet sein und der Zylinder 2 dem tibialen Gelenkteil.

In Fig. 3 ist gezeigt, wie bei der Gelenkanordnung gemäß Fig. 2 nunmehr aufgrund der auf den Zylindern 1 und 2 ausgebildeten Kontaktlinien L1 und L2 linienförmigen Kontakt bedingende Berührungslinien B zur Erzeugung von Regelflächen gemäß der Erfindung hergestellt werden. Hierzu wird vorteilhafterweise ein Basispunkt Q im bewegten System bestimmt, der in einem zum Gelenkinneren verschobenen, frei zu wählenden Bezugsebene (Sagittalebene) derartig gewählt ist, daß die Verbindungslinie B zum momentanen Kontaktpunkt K der Kontaktlinien L1 und L2 vorteilhafterweise einen Winkel β ($35^\circ < \beta < 70^\circ$) zur z-Achse hat. Diese Bezugsebene liegt parallel zur Funktionsebene, die hier durch die Koordinatenebene x und y angegeben ist. Die Gesamtheit der Berührungslinien B gibt im ruhenden System eine Regelfläche F1 mit zwischen Kontaktlinie L1 und Bahn 5 des Basispunktes Q verlaufenden Geraden (siehe Bild 4). Im bewegten System

entsteht eine Regelfläche F2 zwischen Kontaktlinie F2 und dem in diesem System ortsfesten Basispunkt Q (siehe Bild 5). In jedem Bewegungszustand berühren sich demnach beide Regelflächen F1 und F2 konstruktionsgemäß jeweils linienförmig. Für die Gelenkflächen wird jeweils ein Teil der Regelflächen F1 und F2 ausgewählt, der an L1 bzw. L2 anschließt und bis maximal 3 cm, gemessen auf der Kontaktlinie zur Mitte hin, sich erstreckt. Diese durch die Berührungslinien B gebildeten Teile der Regelflächen F1 und F2 gehören zum Bereich der direkten Kraftübertragung.

Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß auf der den Regelflächen F1, F2 gegenüberliegenden Seite der Kontaktlinien L1, L2 artikulierende Teilflächen mit indirekter Kraftübertragung erzeugt werden. Die hierfür erforderliche erfindungsgemäße Konstruktion wird anhand von Figur 6 erläutert. Im momentanen Berührungspunkt K der Kontaktlinien L1, L2 wird als Hilfskonstruktion eine momentane Ebene im bewegten und im unbewegten System errichtet, welche aufgespannt wird von der Berührungslinie B der Regelflächen F1, F2 und einer gemeinsamen Senkrechten 7 der Berührungslinie B und einer Tangente t an die Kontaktlinie L1 und/oder L2. In diese Ebene werden an die Berührungslinie B der Regelflächen F1, F2 ohne Knick bogenförmige Kurven, Bogenlinien S1, S2, die über die gesamte Bewegung vorteilhafterweise gleichbleiben, angesetzt. Hierdurch entstehen - wie in Fig. 7 dargestellt - im bewegten System, und - wie in Fig. 8 dargestellt - im unbewegten System wulstförmige Flächen 9, 10, die ohne Knick an die jeweiligen Regelflächen F1, F2 angesetzt sind und deren Normalen im Kontaktpunkt übereinstimmen. Die bogenförmigen Kurven S sind so beschaffen, daß während der Bewegung immer ein freier Raum zwischen den artikulierenden, aus ihnen gebildeten Wulstflächen 9, 10

verbleibt. Dies kann bei kreisförmigen Bogenlinien S1, S2 dadurch erreicht werden, daß verschieden große Radien gewählt werden. Es kann weiterhin vorteilhaft sein, S1 und S2 über eine gewisse Strecke (bis max. 2 cm) mit gemeinsamen Radius auszustatten und erst dann ohne Knick verschieden große Radien anzusetzen. Dadurch wird der Bereich der direkten Kraftübertragung in den bogenförmigen Bereich erweitert. Da die Regelflächen F1 und F2 und die wulstförmigen Artikulationsflächen 10, 9 durch eine Bewegung einer Schnittkontur, bestehend aus Geraden und Bögen, entstehen, lassen sich diese Flächen mittels einer CNC-Schleifmaschine fertigen. Basispunkt Q kann auch im unbewegten System definiert sein. Es kann ferner vorteilhaft sein, Q abhängig von der Bewegung zu wählen und insbesondere dafür den momentanen Drehpol P (Bild 6), der in einer frei wählbaren Zwischenebene liegt, zu verwenden. Die Regelfläche F1 liegt dann zwischen Kontaktlinie L1 und der Rastpolbahn 4 und die Regelfläche F2 liegt zwischen Kontaktlinie L2 und der Gangpolbahn 6. Rastpolbahn 4 und Gangpolbahn 6 ergeben sich als Schnittlinien dieser freigeählten Ebene mit der Gesamtheit der momentanen Drehachsen der Bewegung. Wird für die Erzeugung der Berührungslinien B der momentane Drehpol gewählt, so wird auf den gebildeten Regelflächen F1 und F2 das Gleiten minimiert, da die Polkurven aufeinanderrollen. Wird statt des momentanen Drehpols ein anderer momentan gemeinsamer Punkt in einer Referenzebene im bewegten/unbewegten System verwendet, so kann der Anteil von Rollen und Gleiten variiert werden.

Fig. 9 zeigt die Übertragung der Konfiguration des unbewegten Systems aus der Regelfläche F1 mit angeschlossener Wulstfläche 10 gemäß Fig. 8 auf ein künstliches Gelenkteil 12, das die Artikulationsfläche eines Gelenkkopfes bilden

kann. Hierbei ist zu erkennen, daß die Abmessungen der Flächen F1 und 10 den anatomischen Verhältnissen angepaßt werden.

Vorteilhafterweise wird ein erfindungsgemäßes Gelenk als Endoprothese zum Ersatz des menschlichen Kniegelenks aus einer Parallelschaltung zweier erfindungsgemäßer Gelenkanordnungen gemäß Fig. 1 und 2 gebildet. Hierbei sind die Regelflächen jedes Gelenkkörperpaares derart zu einer Mittelebene X-X angeordnet, daß sie auf der der Mittelebene X-X zugekehrten Seite liegen. Die tibialen Gelenkkörper und die femuralen Gelenkkörper sind hierbei jeweils starr miteinander verbunden. Hierdurch ergibt sich eine Zwangslaufeigenschaft, die durch das entstandene Viergelenk bedingt ist. Der momentane Drehpol ergibt sich im seitlichen Bild als Schnittpunkt der lateralen und der medialen Kette (bzw. deren Verlängerungen). Insgesamt entstehen in der festen Ebene die Rastpol- und in der bewegten Ebene die Gangpolbahn. In Figuren 10 und 11 sind für ein Kniegelenk des rechten Knies in der Ansicht von hinten die nach dem erfindungsgemäßen Konstruktionsverfahren erzeugten femuralen Artikulationsflächen und tibialen Artikulationsflächen des lateralen Gelenkkompartments 11 und des medialen Gelenkkompartments 12 dargestellt. In den Bereichen der indirekten Kraftübertragung, das sind die wulstförmigen Artikulationsflächen 9, 10, sind die Radien derart gewählt, daß tibial größere Radien als femural vorhanden sind. Im lateralen Gelenkkompartiment 11 ist eine Anordnung gemäß Fig. 2, nämlich eine gestreckte dimere Gelenkkette ausgebildet und im medialen Gelenkkompartiment 12 ist eine überschlagene dimere Gelenkkette gemäß Fig. 1 vorhanden.

8037/II/bu/rp

Prof. Dr. Dietmar Kubein-Meesenburg
Burgweg 1a, D-37547 Kreiensen

Prof. Dr. Hans Nägerl
Lange Hecke 41, D-37130 Gleichen/OT Klein-Lengden

Dr. Joachim Theusner
Odeonsplatz 2, D-80539 München

Ansprüche

1. Künstliches Gelenk, insbesondere Endoprothese zum Ersatz natürlicher Gelenke, bestehend aus mindestens zwei künstlichen Gelenkteilen mit gekrümmten Artikulationsflächen, wobei auf jeder der Artikulationsflächen eine gekrümmte Kontaktlinie ausgebildet ist, wobei die gekrümmte Kontaktlinie (L1) eine der Artikulationsflächen Teil einer elliptischen Schnittkontur eines ersten Zylinders (1) oder Kegels mit dem Zylinderradius (R1) bzw. dem Kegelwinkel (α_1) ist, und die andere Kontaktlinie (L2) sich als Gegenspür eines zweiten auf dem ersten Zylinder (1) bzw. ersten Kegel abrollenden und/oder gleitenden zweiten Zylinder (2) bzw. zweiten Kegels mit dem Zylinderradius (R2) bzw. mit dem Kegelwinkel (α_2) ergibt, sowie die Artikulationsflächen aus einer Vielzahl von geraden Berührungslinien (B) gebildete Regelflächen (F1, F2) aufweisen, und sich diese Regelflächen (F1, F2) einseitig an die Kontaktlinien

(L1,L2) einander gegenüberliegend anschließen und die Berührungslinien (B) jeweils die Verbindungslinie zwischen einem momentanen Kontaktpunkt (K) der Kontaktlinien (L1,L2) und einem momentan gemeinsamen Punkt Q bzw. dem Momentanpol (P) der jeweiligen Bewegungssysteme in einer Referenzebene (X,Y) bzw. einer Referenzkugel im bewegten/ unbewegten System sind.

2. Künstliches Gelenk nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der erste und der zweite Zylinder (1, 2) bzw. der erste und der zweite Kegel (1, 2) derart zueinander angeordnet sind, daß sie eine gestreckte dimere Gelenkkette bilden mit der Beziehung $R = R_2 + R_1$ bzw. eine überschlagene dimere Gelenkkette mit der Beziehung $R = R_2 - R_1$, wobei R der Radius der Gelenkachsbahn der dimeren Gelenkkette und R_1 der Radius des ersten Zylinders (1), wobei im Falle der sphärischen Anordnung ergeben sich für das erste Kegelpaar $\alpha = \alpha_2 + \alpha_1$ und für das zweite Kegelpaar $\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$ aufgrund der Kegelwinkel α_1/α_2 .
3. Künstliches Gelenk nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß auf der den Regelflächen (F1,F2) gegenüberliegenden Seite der Kontaktlinien (L1,L2) die Berührungslinie (B) derart bogenförmig verlängert sind, daß Wülste (9,10) ausgebildet werden, wobei die Bogenlinien dadurch bestimmt werden, daß im momentanen Berührungspunkt (K) der Kontaktlinien (L1,L2) eine Ebene im bewegten und unbewegten System errichtet wird, welche aufgespannt wird von der jeweiligen Berührungslinie (B) der Regelflächen (F1,F2) und der gemeinsamen Senkrechten (7)

der Berührungslinie (B) und einer Tangente an die Kontaktlinien (L1,L2) im jeweiligen Kontaktpunkt (K), wobei die Wulste (9,10) derart ausgebildet sind, daß die Artikulationsflächen der Wulste (9,10) im äußeren Teil keinen Berührungskontakt besitzen.

4. Künstliches Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die überschlagene dimere Kette ein mediales Gelenkkompartiment (12) und die gestreckte dimere Kette ein laterales Gelenkkompartiment (11) eines künstlichen Gelenkes für das menschliche Knie bilden, wobei die femurseitigen Gelenkteile der jeweiligen Gelenkkompartimente und die tibiaseitigen Gelenkteile starr miteinander verbunden sind.

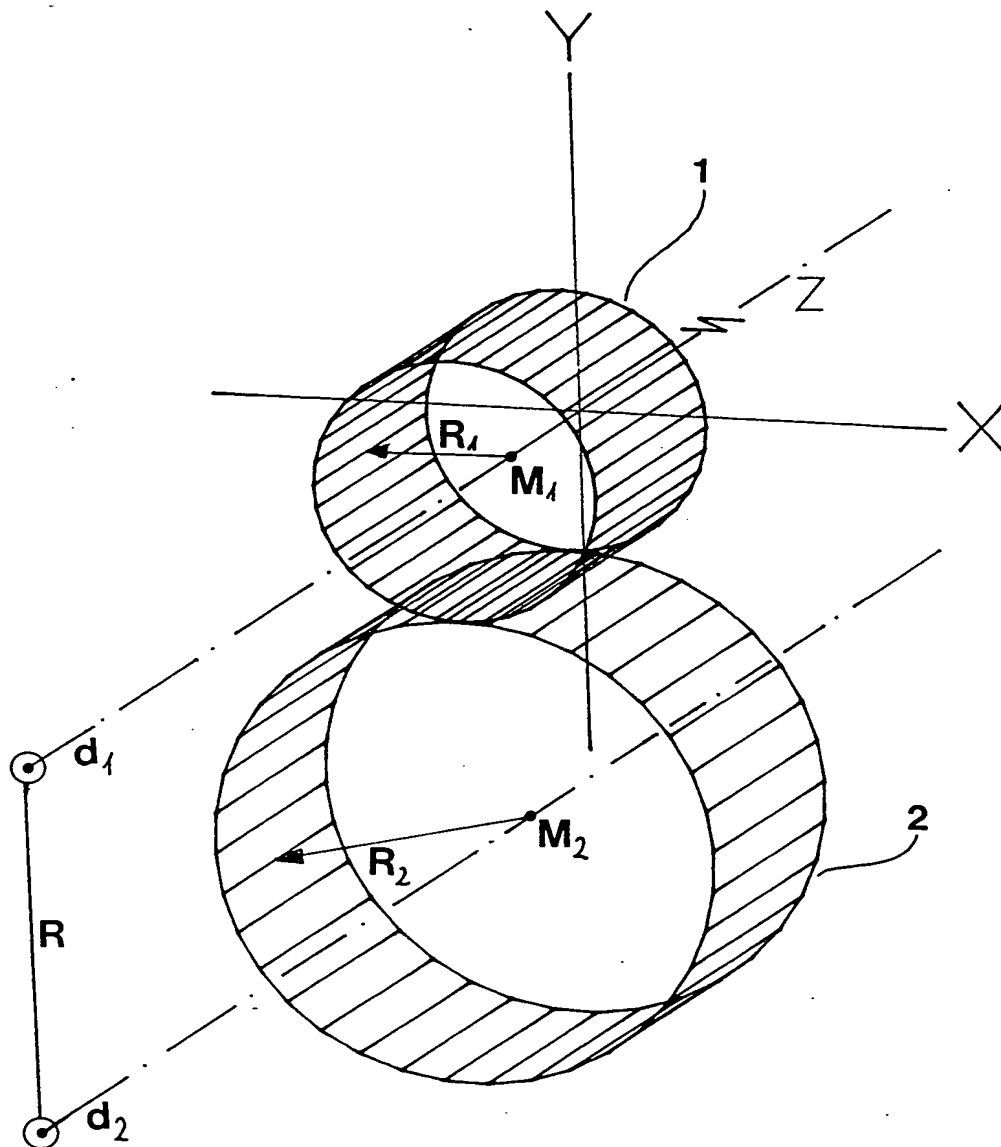
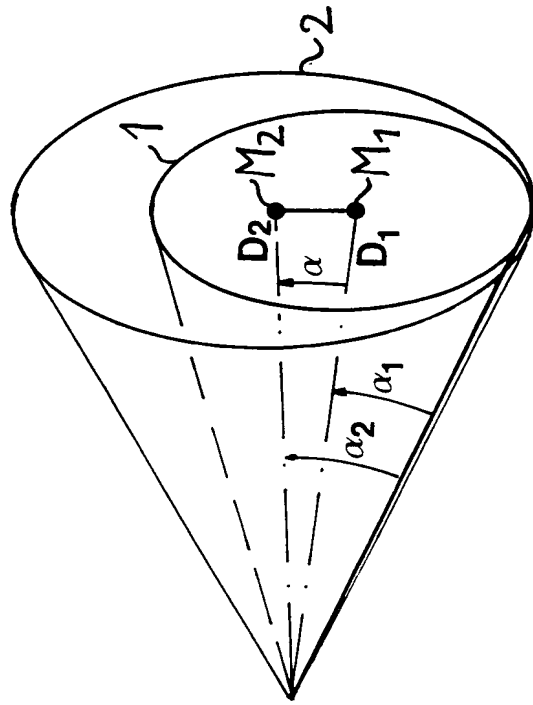
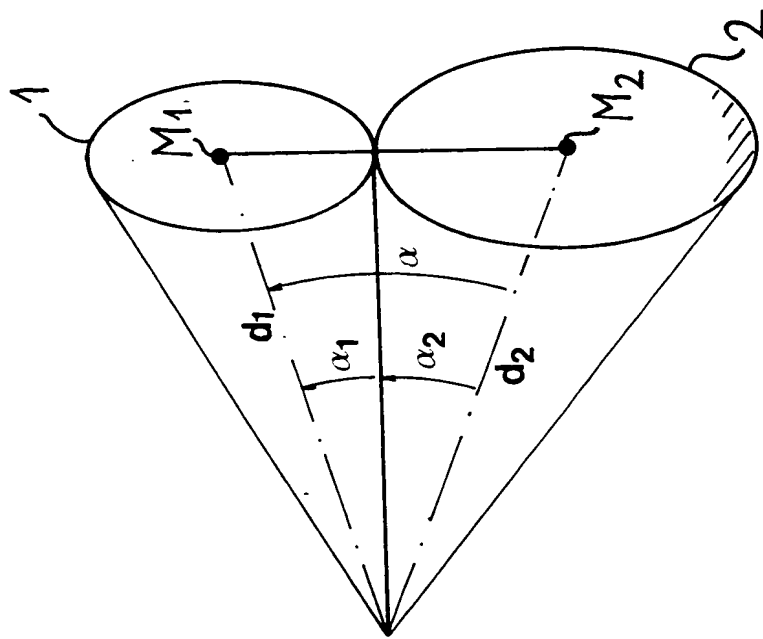


FIG.1



3/12

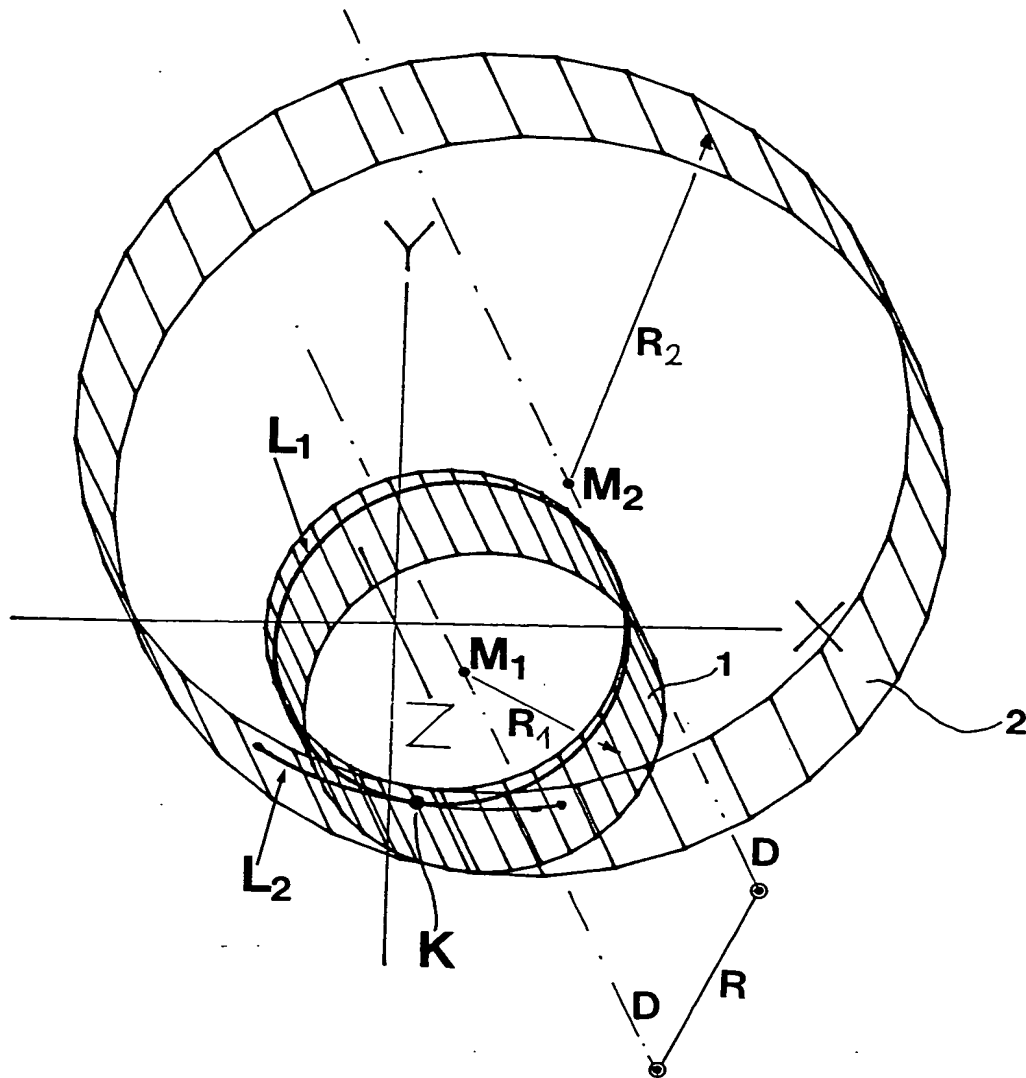


FIG.2

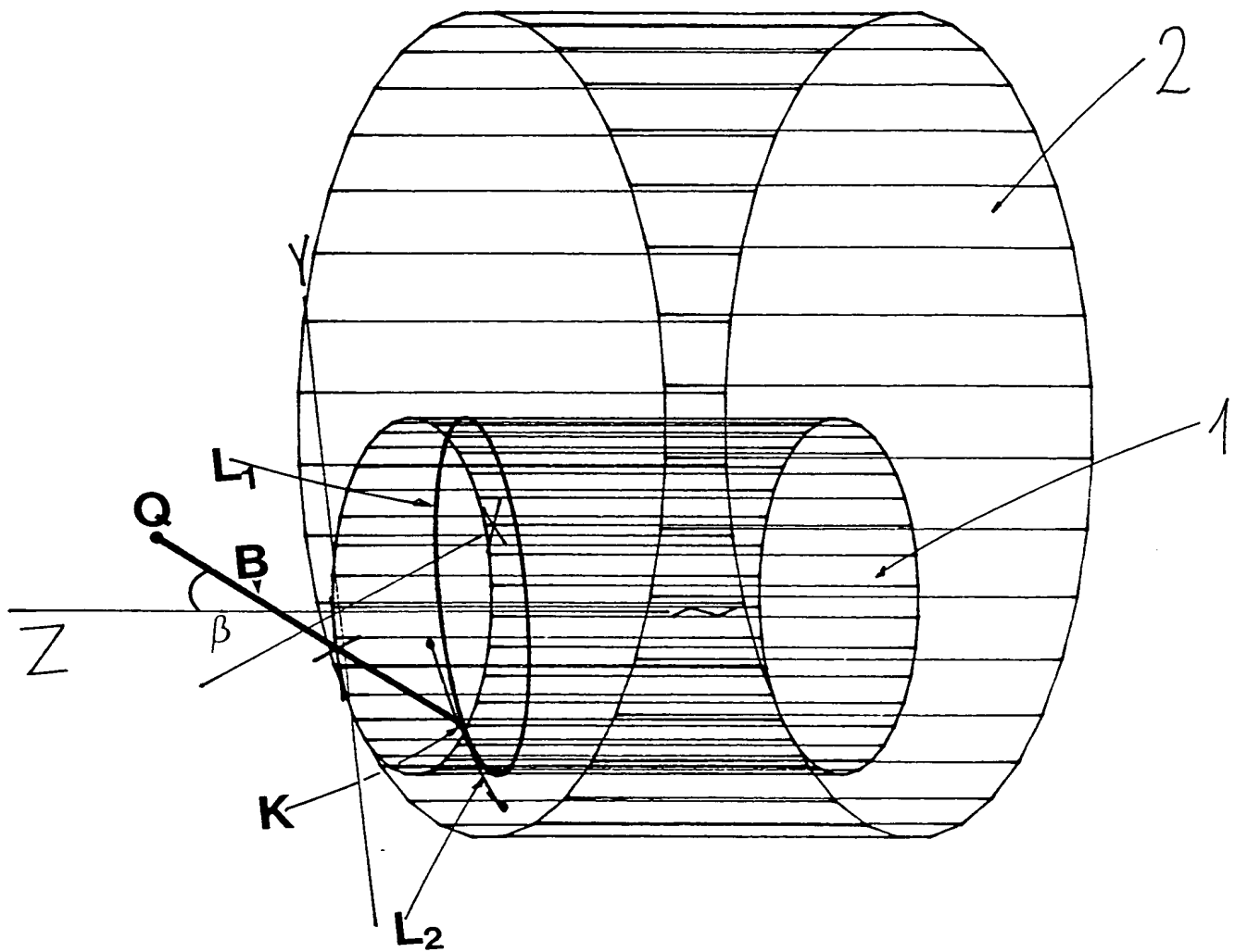


FIG. 3

5/12

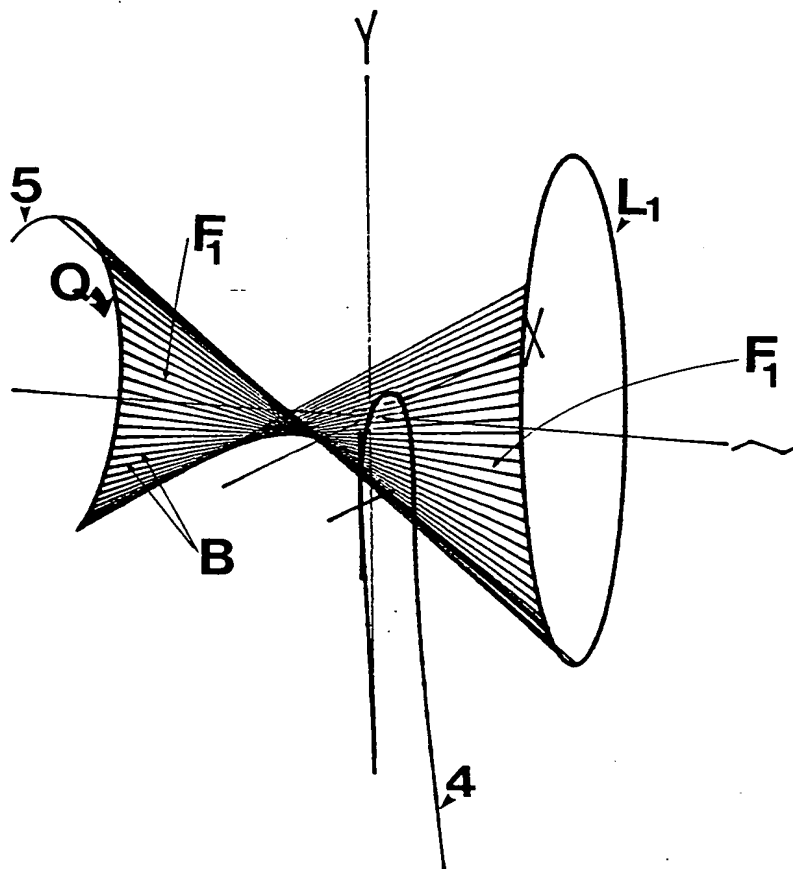


FIG. 4

6/12

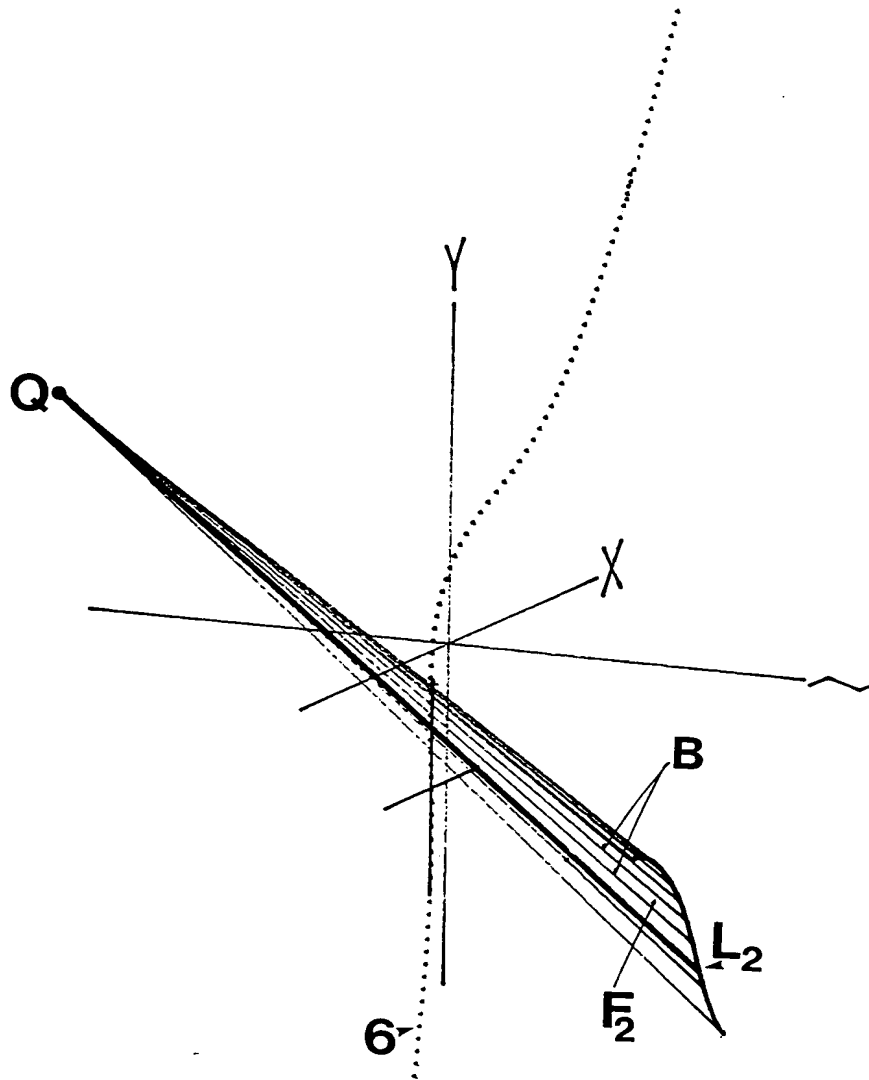


FIG.5

7/12

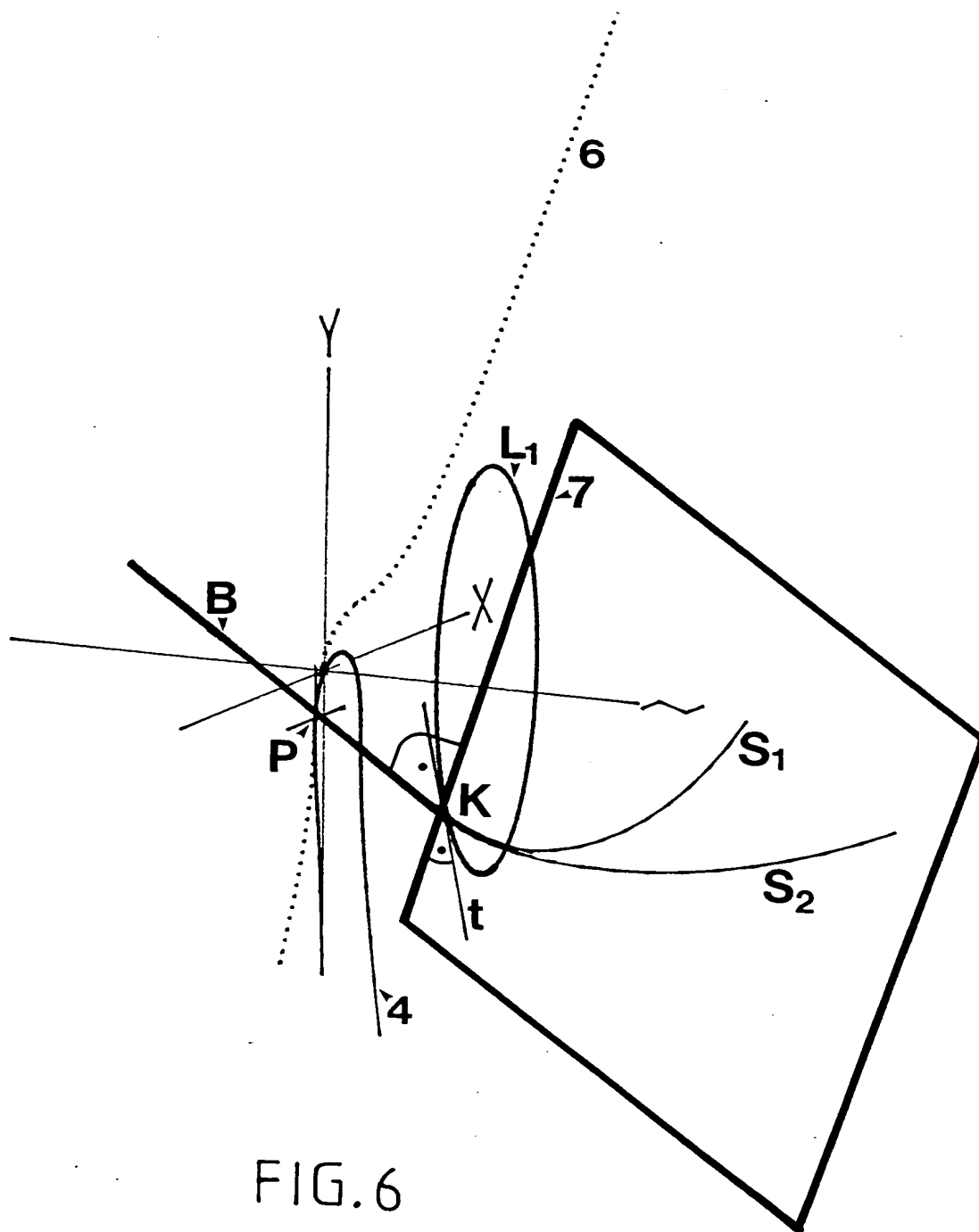


FIG. 6

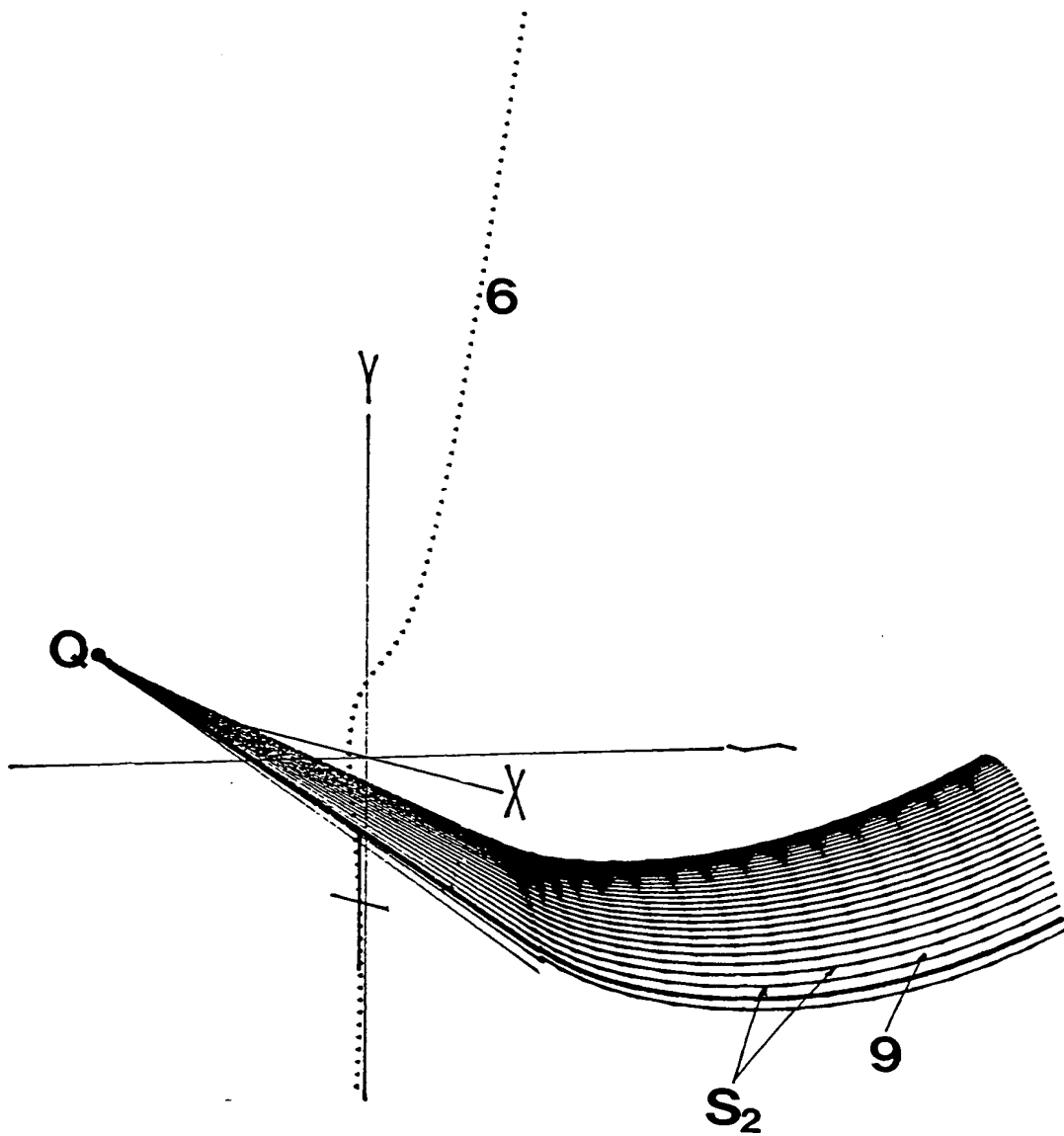


FIG.7

9/12

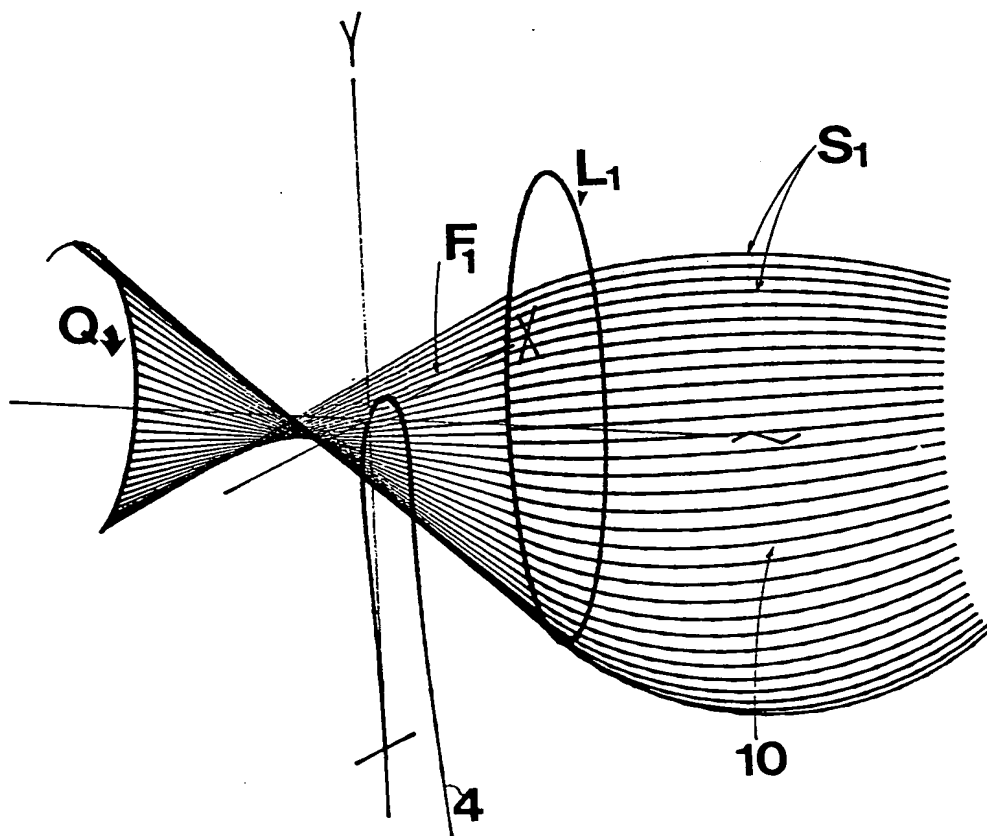
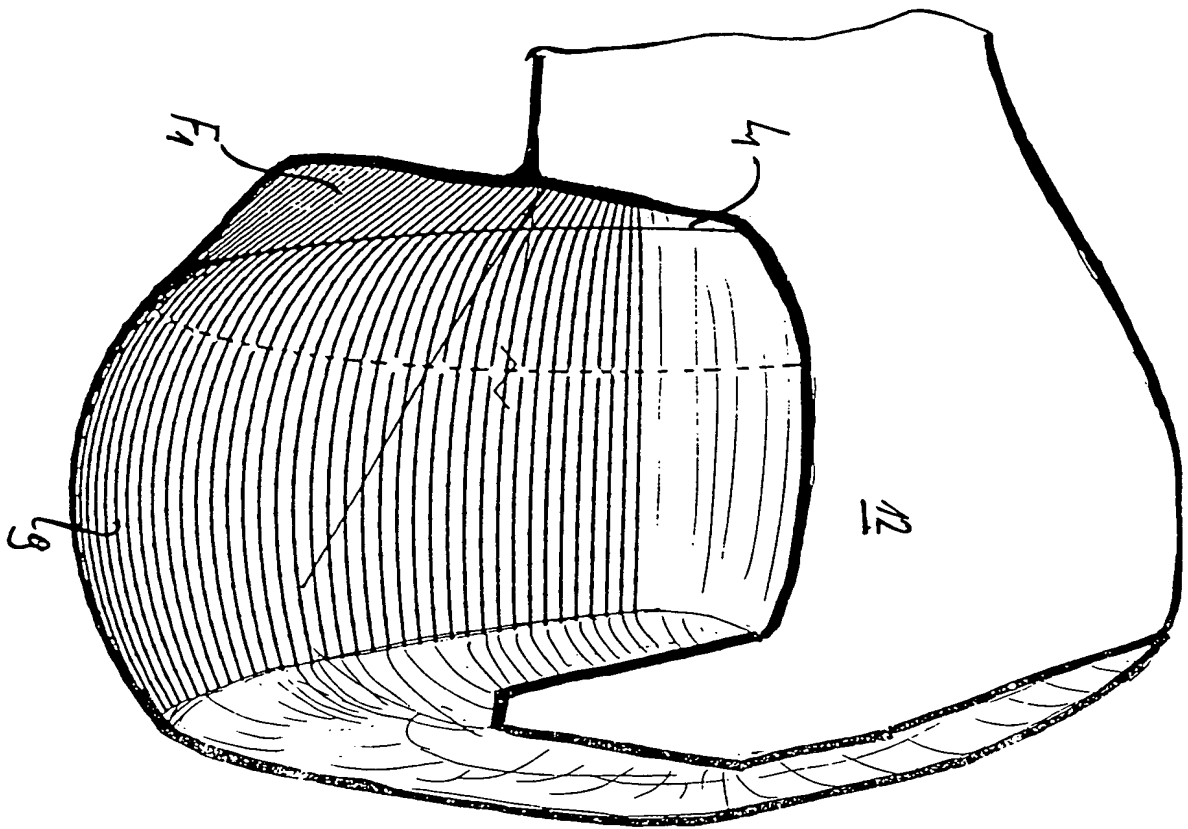


FIG.8

FIG. 9



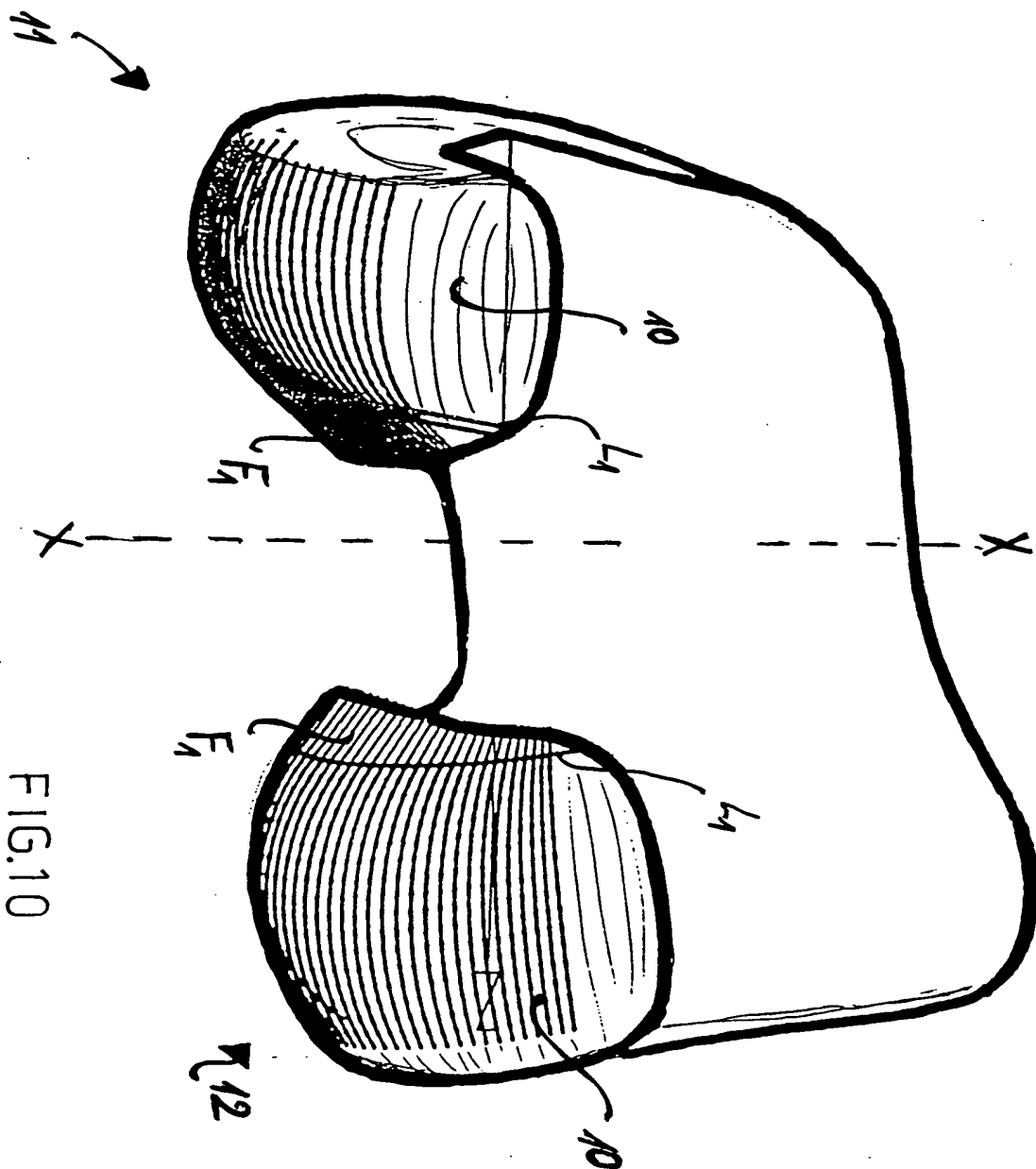


FIG. 10

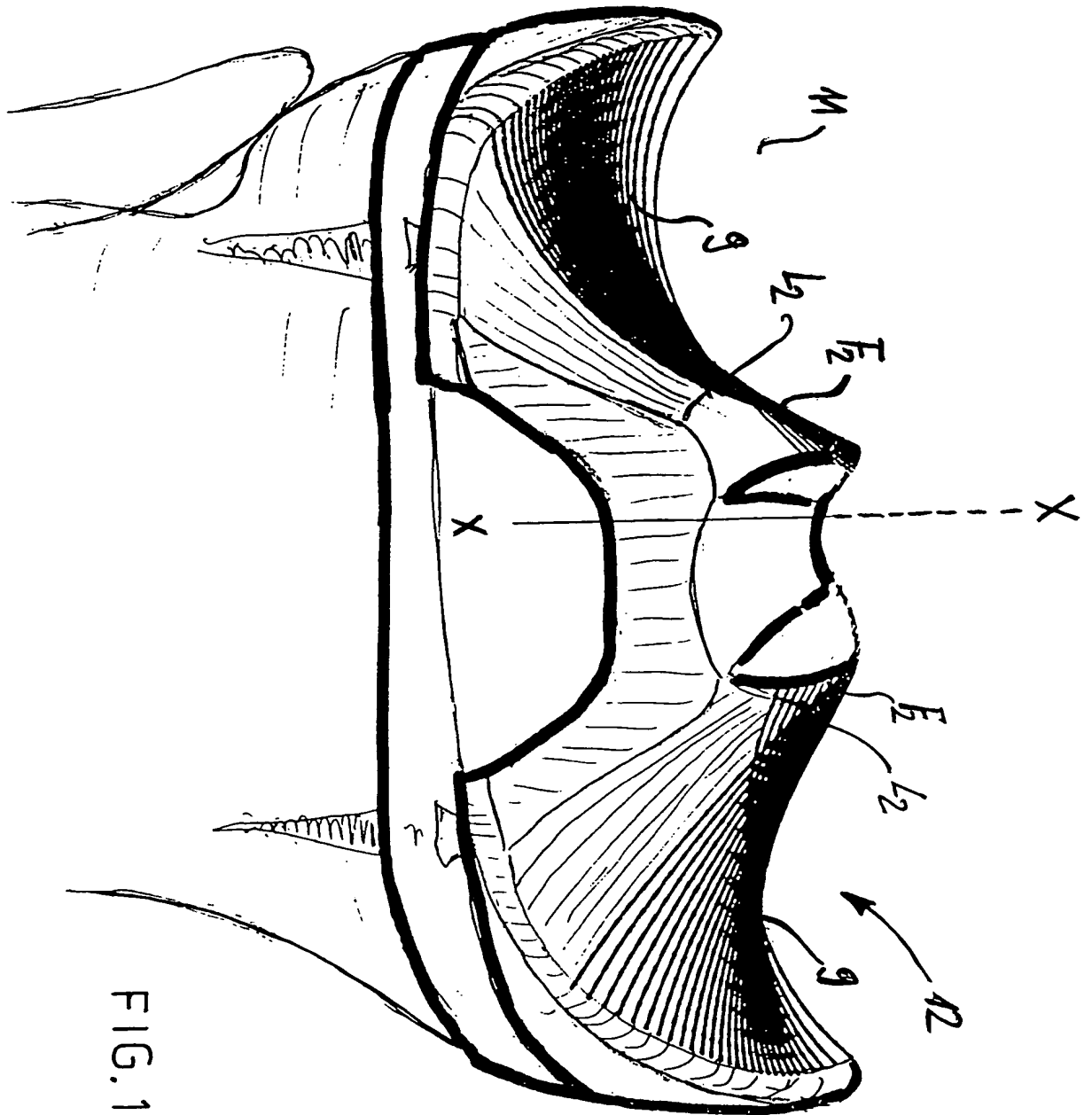


FIG. 11